# N THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

## SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT

APPLICANT:

Rainald Sander

ATTORNEY DOCKET NO.: P00,0184

SERIAL NO.:

09/497,618

**GROUP ART UNIT:** 

DATE FILED:

February 3, 2000

**EXAMINER:** 

INVENTION:

TEMPERATURE-PROTECTED SEMICONDUCTOR SWITCH

Assistant Commissioner of Patents and Trademarks

Washington, D.C., 20231

Sir:

Please enter of record in the file of the above application, the attached certified copy of German Application No. 199 04 575.5 filed February 4, 1999 and referred to in the Declaration filed in this application. Applicant claims priority of the February 4, 1999 filing date of the attached German Application under the provisions of 35 U.S.C. Section 119.

Respectfully submitte

(Reg. No. 39,056)

William E. Vaughan HILL & SIMPSON

A PROFESSIONAL CORPORATION

85TH FLOOR SEARS TOWER

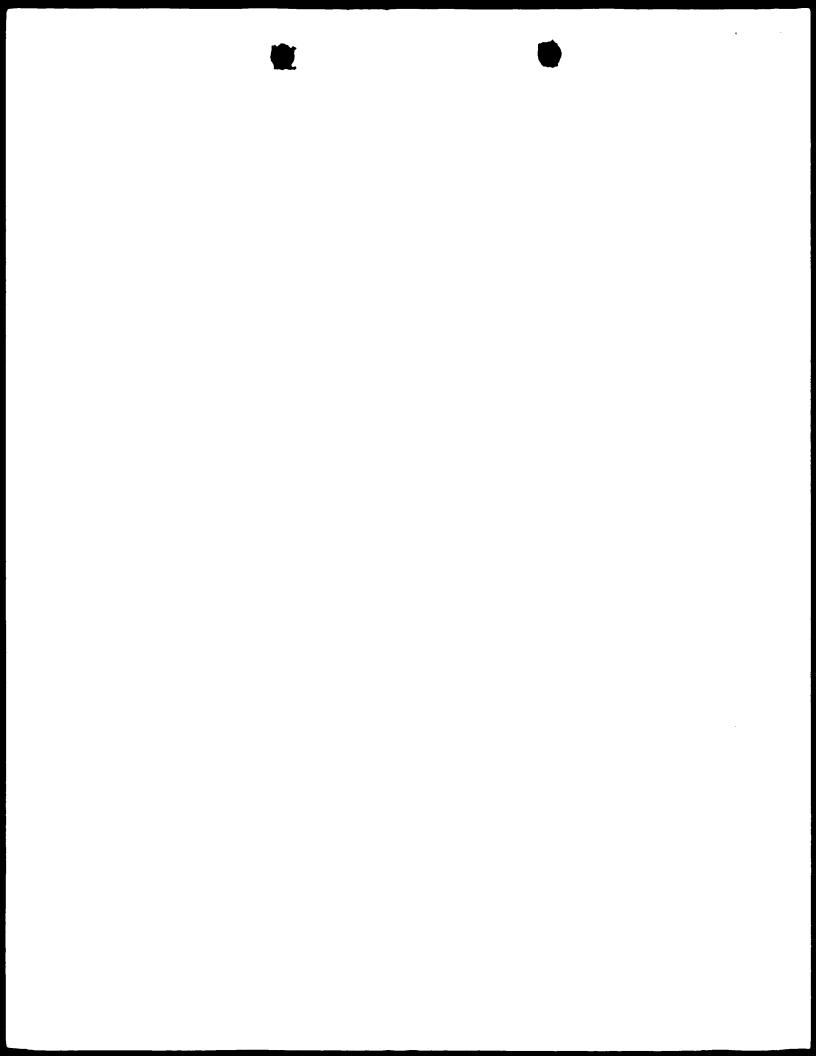
CHICAGO, ILLINOIS 60606

TELEPHONE: (312)-876-0200

ATTORNEYS FOR APPLICANT

## **CERTIFICATE OF MAILING**

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as First Class Mail in an envelope addressed to the Commissioner of Patents and Trademarks, Washington, D.C. 20231 on July 12, 2000.









# Bescheinigung

Die Siemens Aktiengesellschaft in München/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Temperaturgeschützter Halbleiterschalter"

am 4. Februar 1999 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig die Symbole H 01 L und H 02 H der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 21. Februar 2000

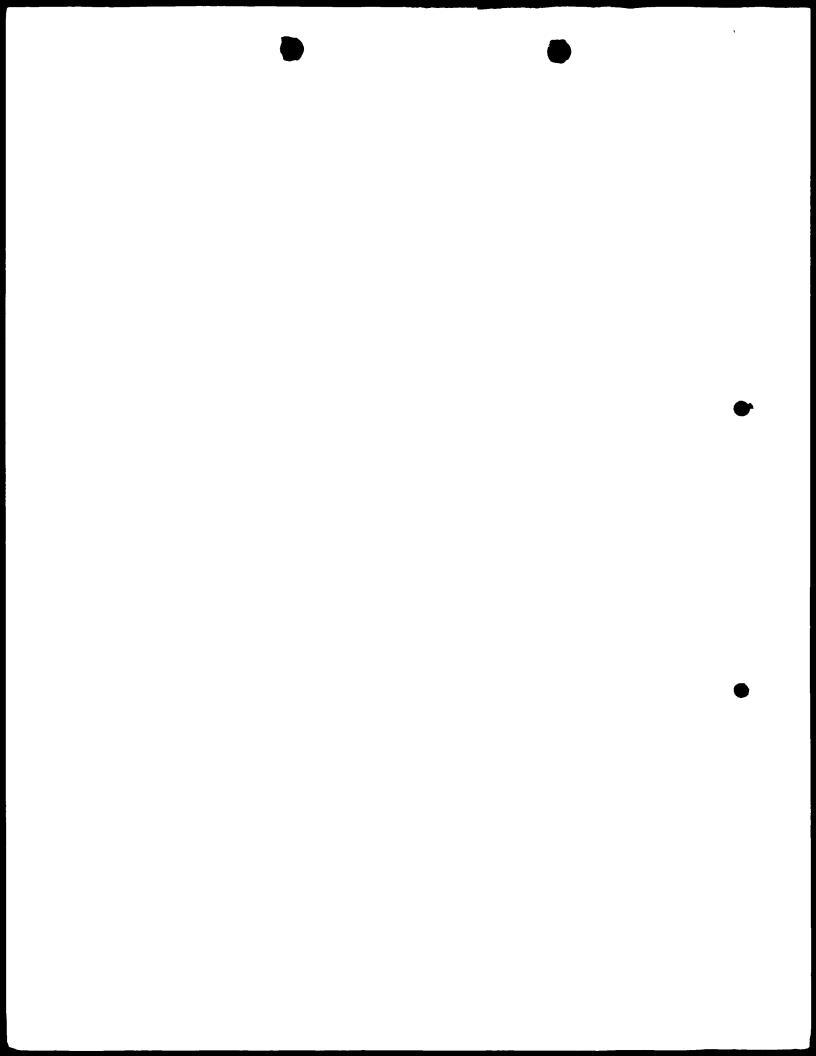
**Deutsches Patent- und Markenamt** Der Präsident

Im Auftrag

Aktenzeichen: 199 04 575.5

Walanine

phunuline



Beschreibung

15

20

Temperaturgeschützter Halbleiterschalter

Die vorliegende Erfindung betrifft einen temperaturgeschützten Halbleiterschalter mit einem Halbleiterschaltelement aus
einer Vielzahl an parallel geschaltenen Zellen, das eine integrierte Reversdiode aufweist, und mit einem Temperatursensor, wobei das Halbleiterschaltelement und der Temperatursensor zusammen in einem Halbleiter-Körper vom ersten Leitfähigkeitstyp integriert sind und wobei der Temperatursensor beim
Auftreten einer Übertemperatur ein erstes Signal erzeugt.

Zum Schutz vor einer thermischen Überlastung werden Halbleiterschalter, insbesondere Leistungsschalter, mit integrierten Temperatursensoren versehen. Die Temperatursensoren erfassen die Temperatur des Leistungsschalters und setzen diese in ein temperaturabhängiges, analoges Signal um, welches dann in einer Schaltung ausgewertet werden kann. Hierdurch ist zum Beispiel ein Abschalten des Halbleiterschalters möglich, wenn eine bestimmte, vorgegebene Temperatur überschritten wurde.

Figur la zeigt eine prinzipielle Ansicht eines derartigen Halbleiterschalters. Der Halbleiterschalter 1 besteht dabei aus einem Halbleiterschaltelement Tl, z.B. einem MOSFET, das 25 eine Vielzahl an parallel geschalteten Zellen (nicht dargestellt) aufweist. In der Nähe der heißesten Stelle ist ein Temperatursensor TS integriert, der beispielsweise als Diode, Bipolartransistor oder aber Thyristor ausgeführt sein kann. 30 Der Temperatursensor TS ist zusammen mit dem Halbleiterschaltelement T1 in einem Halbleiterkörper integriert. Über eine Signalleitung SL1 gibt der Temperatursensor TS bei Überschreiten einer vorgegebenen Temperatur ein Signal aus, welches von einer (nicht gezeigten) Auswertung verarbeitet wer-35 den kann. Das Signal kann dann dazu hergenommen werden, das Halbleiterschaltelement T1 abzuschalten. Hierdurch kann eine Überhitzung und somit eine Zerstörung des Halbleiterschalte-

15

20

25

lementes T1 vermieden werden. In Figur 1b ist der prinzipielle Schaltplan des Halbleiterschaltelementes T1, einem MOSFET, und des Temperatursensors TS dargestellt. Technologisch bedingt weist ein MOSFET eine integrierte Reversdiode D1 auf. Für die Verschaltung eines Temperatursensors TS mit dem Halbleiterschaltelement sind viele Varianten bekannt, so daß nur ein Blocksymbol für den Temperatursensor dargestellt ist, der über die Signalleitung 1 mit einem Statusausgang ST1 verbunden ist. Eine Schaltungsanordnung zum Erfassen der Übertemperatur eines Halbleiterschalters in integrierter Form ist beispielsweise in der EP 0 341 482 A1 beschrieben.

Wird der Temperatursensor zusammen mit dem Halbleiterschaltelement in einem Halbleiterkörper integriert, so kann die dem
Halbleiterschaltelement technologisch integrierte Diode von
Source nach Drain Probleme bereiten. Wird diese statisch oder
temporär in Flußrichtung betrieben, so produziert sie freie
Ladungsträger. Die freien Ladungsträger bilden mit dem integrierten Temperatursensor eine parasitäre Struktur. Dies kann
dazu führen, daß der Temperatursensor vermeintlich eine Übertemperatur detektiert und somit ein Signal an die Auswertung
abgibt. Dieser Fall kann beispielsweise dann auftreten, wenn
jeweils zwei temperaturgeschützte Highside- und LowsideSchalter zu einer H-Brücke verschalten sind und ein Motor die
Last darstellt. Da der Motor eine Induktivität darstellt,
können durch Rückströme die integrierten Reversdioden aktiv
werden und freie Ladungsträger produzieren.

Um diesen unerwünschten Zustand zu verhindern, ist es be30 kannt, den Temperatursensor mit einer geeigneten, fest implantierten Ladungsträger-Diffusion zu integrieren, die den
Temperatursensor ringförmig umgibt. Durch das Anlegen einer
Spannung zwischen die Ladungsträger-Diffusion und der integrierten Reversdiode lassen sich die emittierten Ladungsträger einfangen. Hierdurch wird der Temperatursensor vor dem
Eindringen von Ladungsträgern geschützt. Die LadungsträgerDiffusionsringe, die auch als sogenannte "Saugringe" bekannt

sind, haben jedoch bei hohen Strömen durch die integrierte Reversdiode nur eine begrenzte Wirkung. Um auch bei hohen Strömen die Ladungsträger einfangen zu können, müßte die Ladungsträger-Diffusion sehr breit ausgeführt werden. Dies hät-5 te jedoch den Nachteil, daß der Temperatursensor eine relativ große Entfernung zur heißesten Stelle des Halbleiterschaltelementes aufweist. Gerade bei Halbleiterschaltern mit einer hohen Stromdichte ist jedoch die Reaktionszeit des Temperatursensors bei thermischer Überlastung des Halbleiterschalte-10 lementes von großer Bedeutung. Wird die Ladungsträger-Diffusion andererseits zu gering ausgeführt, so kann diese den Temperatursensor bei sehr hohen Strömen durch die Reversdiode D1 nicht ausreichend effektiv schützen, um die unerwünschten parasitären Effekte zum Temperatursensor zu verhin-15 dern.

Ausgehend von diesem Stand der Technik besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung deshalb darin, einen temperaturgeschützen Halbleiterschalter vorzusehen, der auf einfache Weise das Ansprechen des Temperatursensors nur im Falle einer Übertemperatur ermöglicht.

Diese Aufgabe wird in dem gattungsgemäßen, temperaturgeschützten Halbleiterschalter gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 dadurch gelöst, daß ein Ladungsträger-Detektor vorgesehen ist, der beim Auftreten von freien Ladungsträgern in dem Halbleiterkörper ein zweites Signal erzeugt.

Der Ladungsträger-Detektor ist vorteilhafterweise derart ausgebildet, daß zwischen dem Ladungsträger-Detektor, dem Halb-leiterkörper und zumindest einer Zelle des Halbleiterschaltelementes ein parasitäres Bauelement gebildet wird. Diese parasitäre Struktur ermöglicht im Falle der Produktion von freien Ladungsträgern durch die integrierte Reversdiode eine Signalerzeugung. Werden das erste und das zweite Signal einer

Auswertung zugeführt und dort logisch miteinander verknüpft,

so ist die Anzeige einer eindeutigen Übertemperatur im Halbleiterschaltelement sicher gestellt.

Vorteilhafterweise wird der Ladungsträger-Detektor benachbart dem Temperatursensor angeordnet, der seinerseits in der Nähe der heißesten Stelle des Halbleiterschalters angebracht ist. Idealerweise wird der Ladungsträger-Detektor benachbart einer aus dem Halbleiterschalter herausführenden Signalleitung des Temperatursensors angeordnet. In diesem Fall kann eine Signalleitung des Ladungsträger-Detektors räumlich benachbart der Signalleitung des Temperatursensors aus dem Halbleiterschalter herausgeführt werden. Somit ist ein besonders einfaches Layout des Halbleiterschalters möglich, da gegenüber einem aus dem Stand der Technik bekannten Halbleiterschalter nur wenige Änderungen vorgenommen werden müssen.

Die Auswertung kann vorteilhafterweise zusammen mit dem Halbleiterschalter monolithisch im gleichen Halbleiterkörper integriert werden. In diesem Fall ist eine besonders raumsparende Anordnung des temperaturgeschützten Halbleiterschalters möglich. Es ist selbstverständlich jedoch auch denkbar, die Auswertung in einem separaten Halbleiterchip unterzubringen und diesem beispielsweise mittels einer Chip-on-Chip-Montage auf dem Halbleiterschalter aufzubringen.

25

5

10

15

20

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Die Erfindung wird weiter anhand der folgenden Figuren erläu-30 tert.

Es zeigen:

Figur la eine prinzipielle, aus dem Stand der Technik bekannte, Draufsicht auf einen temperaturgeschützten
Halbleiterschalter,

15

20

30

Figur 1b das zu Figur 1b dazugehörige Schaltbild,

- Figur 2 eine Draufsicht auf den erfindungsgemäßen temperaturgeschützten Halbleiterschalters in einer prinzipiellen Darstellung,
- Figur 3 das zu Figur 2 zugehörige elektrische Schaltbild und
- 10 Figur 4 einen Querschnitt durch den Halbleiterkörper des erfindungsgemäßen temperaturgeschützten Halbleiterschalters.

Figur 2 zeigt eine prinzipielle Draufsicht auf einen erfindungsgemäßen temperaturgeschützten Halbleiterschalter 1. Dieser besteht aus einem Halbleiterschaltelement T1, welches aus einer Vielzahl an parallel geschalteten MOS-Zellen (nicht dargestellt) besteht. In der Nähe der heißesten Stelle des Halbleiterschaltelementes T1 ist ein Temperatursensor TS angebracht, der über eine Signalleitung SL1 an einem Statusausgang ST1 beim Überschreiten einer vorgegebenen Temperaturschwelle ein Signal erzeugt. Benachbart dem Temperatursensor TS ist ein Ladungsträger-Detektor LD angeordnet, der ebenfalls eine Signalleitung SL2 aufweist, die mit einem Statusausgang ST2 verbunden ist. Der Ladungsträger-Detektor LD ist dabei benachbart dem Temperatursensor TS angeordnet, wobei die bevorzugte Stelle nahe der Verbindungsstelle der Signalleitung SL1 und dem Temperatursensor TS besteht. Der Ladungsträger-Detektor LD könnte selbstverständlich an jeder beliebigen Stelle im Halbleiterschaltelement T1 angeordnet sein. Die gezeigte Ausführungsform stellt jedoch die am einfachsten zu produzierende Form dar.

In Figur 3 ist das elektrische Schaltbild des erfindungsgemäßen temperaturgeschützten Halbleiterschalters 1 dargestellt. Das Halbleiterschaltelement T1 ist als MOSFET ausgeführt, der technologisch bedingt eine integrierte Reversdiode D1 aufweist. Die Anode der Reversdiode D1 ist dabei mit dem Source-Anschluß des MOSFETs verbunden, während die Kathode mit dem Drain-Anschluß in Verbindung steht. Weiterhin weist der Halb-leiterschalter 1 den Temperatursensor TS und Ladungsträger-Detektor LD auf, die beide über eine Signalleitung SL1 beziehungsweise SL2 mit einer Auswertung AW verbunden sind. An einem Statusausgang ST3 erzeugt die Auswertung AW ein Signal, welches aus einer Verknüpfung der an den Statusausgängen ST1 beziehungsweise ST2 anliegenden Signale erfolgt.

10

15

Die Auswertung arbeitet dabei folgendermaßen: Es wird angenommen, daß der Temperatursensor TS im Falle einer Überschreitung einer vorgegebenen Temperatur ein logisches H erzeugt. Produziert die integrierte Reversdiode D1 freie Ladungsträger, so liege am Statusausgang ST2 ein logisches H, ansonsten L an.

Wird durch einen bestimmten Betriebszustand die Reversdiode D1 in Flußrichtung betrieben, so produziert sie freie Ladungsträger. Hierdurch bedingt spricht aufgrund einer parasitären Struktur der Temperatursensor TS an und erzeugt am Statusausgang ST1 ein logisches H. Gleichzeitig spricht auch der Ladungsträger-Detektor LD an, so daß er gleichermaßen ein logisches H an seinem Statusausgang ST2 erzeugt. In diesem Fall erzeugt die Auswertung AW an ihrem Statusausgang ST3 zum Beispiel ein logisches L, welches gleichbedeutend mit einem Normalbetriebszustand ist.

Wird das Halbleiterschaltelement T1 aufgrund eines unnormalen
Betriebszustandes sehr heiß, so spricht der Temperatursensor
TS an und erzeugt ein logisches H am Statusausgang ST1. Da in
diesem Fall die Reversdiode D1 jedoch keine freien Ladungsträger produziert, verbleibt am Statusausgang ST2 ein logisches L. Die Auswertung AW generiert aus diesen beiden Eingangssignalen an ihrem Statusausgang ST3 ein logisches H, was
gleichbedeutend mit einer Übertemperatur ist. In diesem Fall
kann eine weitere (nicht gezeigte) Auswertung tätig werden,

welche beispielsweise den Halbleiterschalter 1 ausschaltet oder aber eine Strombegrenzung aktiviert.

In Figur 4 ist ein Querschnitt durch den Halbleiterkörper des temperaturgeschützten Halbleiterschalters 1 dargestellt. Um die Wirkungsweise der Erfindung weiter zu verdeutlichen, sind zudem die elektrischen Schaltsymbole eingezeichnet. In dem Halbleiterkörper ist eine Vielzahl an MOS-Zellen M angeordnet. Der einfachheithalber ist in Figur 4 nur eine einzige derartige MOS-Zelle M dargestellt. Die MOS-Zellen M umgeben jedoch den Temperatursensor TS und den Ladungsträger-Detektor von allen Seiten. Die MOS-Zelle M ist in bekannterweise angeordnet, das heißt im n-dotierten Halbleiterkörper ist eine pdotierte Wanne 3 eingelassen, in welcher ihrerseits eine ndotierte Sourcezone angeordnet ist. Die Sourcezone 4 ist dabei elektrisch nach außen mit einem Sourceanschluß verbunden. Die Gateelektroden G sind durch ein (nicht gezeigtes) Gateoxid uber der p-Wanne angeordnet. Der n-dotierte Halbleiterkörper 2 ist mit einem Drainkontakt D verbunden.

20

5

10

15

Benachbart einer MOS-Zelle M ist ein Temperatursensor TS angeordnet. In der vorliegenden Figur ist dieser als Bipolartransistor 8 ausgeführt. Hierzu wird in dem Halbleiterkörper 2 eine p-Wanne 5 eingelassen, in welcher wiederum eine stark n-dotierte Schicht 6 gelegen ist. Die n-dotierte Schicht 6 ist mit der Signalleitung SL1 mit dem Statusausgang ST1 verbunden. Durch diese Struktur ist der npn-Bipolartransistor 8 gebildet.

35

30 Benachbart dem Temperatursensor TS ist der Ladungsträger-Detektor LD angeordnet, der in Form einer stark p-dotierten Wanne im Halbleiterkörper 2 realisiert ist. Die p-dotierte Wanne 7 ist über die Signalleitung SL2 mit dem Statusausgang ST2 verbunden.

Die p-Wanne 3 bildet zusammen mit dem n-dotierten Halbleiterkörper 2 die technologisch bedingte Reversdiode D1. Wird die-

se Diode D1 temporär in Flußrichtung, das heißt von der p-Wanne zum Halbleiterkörper 2, betrieben, so wird gleichzeitig der parasitäre Bipolartransistor 9, der sich aus der p-Wanne 3, dem Halbleiterkörper 2 und der p-Wanne 5 des Temperatursensors bildet, aktiv. Werden folglich Ladungsträger von der p-Wanne 3 zum Halbleiterkörper 2 freigesetzt, so fließt ein Strom über den parasitären Bipolartransistor 9 in die p-Wanne 5. Diese stellt die Basis des als Bipolartransistor ausgeführten Temperatursensors TS dar, der somit am Statusausgang ST 1 ein Signal produziert, welches eine Temperaturerhöhung simuliert. Gleichzeitig wird jedoch auch der parasitäre Bipolartransistor 10 aktiv, der sich aus der p-Wanne 3 der MOS-Zelle M, dem Halbleiterkörper 2 und der p-Wanne 7 des Ladungsträger-Detektors LD bildet aktiv. Es wird deshalb am Statusausgang ST2 auch ein Signal erzeugt. Durch die geeignete Verknüpfung der an den Statusausgängen ST1 und ST2 anliegenden Signale in der Auswertung AW kann eine echte Übertemperatur von einer vermeintlichen Übertemperatur unterscheiden werden.

20

25

30

5

10

15

Durch diese einfache Vorgehensweise kann sehr einfach und vor allem platzsparend eine sehr effektive Temperaturüberwachung realisiert werden. Der Temperatursensor kann, wie gewünscht, in der Nähe der heißesten Stelle des Halbleiterschalters 1 integriert werden. Die Nachteile aus dem vorher beschriebenen Stand der Technik werden somit auf einfache Weise umgangen. Die Herstellung der erfindungsgemäßen temperaturgeschützten Halbleiterschalters ist mit nur wenigen geänderten Herstellungsschritten gegenüber einem üblichen temperaturgeschützten Halbleiterschalter möglich.

### Bezugszeichenliste

- 1 Halbleiterschalter (temperaturgeschützt)
- 2 Halbleiterkörper
- 5 3 Basis
  - 4 Source
  - 5 Wanne (p)
  - 6 Wanne (n)
  - 7 Wanne (P)
- 10 8 Bipolartransistor
  - 9 Parasitärer Bipolartransistor
  - 10 Parasitärer Bipolartransistor (Ladungsträger-Detektor)
  - T1 Halbleiterschaltelement (MOSFET)
- 15 D1 Reversdiode
  - M MOS-Zelle
  - SL1 Signalleitung
  - ST1 Statusausgang
  - LD Ladungsträger-Detektor
- 20 SL2 Signalleitung
  - ST2 Statusausgang
  - AW Auswertung
  - ST3 Statusausgang

25

### Patentansprüche

zweites Signal (ST2) erzeugt.

10

15

20

30

35

- 1. Temperaturgeschützter Halbleiterschalter (1) mit einem Halbleiterschaltelement (T1) aus einer Vielzahl an parallel geschaltenen Zellen (M), das eine integrierte Reversdiode (D1) aufweist, und mit einem Temperatursensor (TS), wobei das Halbleiterschaltelement (T1) und der Temperatursensor (TS) zusammen in einem Halbleiterkörper (2) vom ersten Leitfähigkeitstyp integriert sind und wobei der Temperatursensor (TS) beim Auftreten einer Übertemperatur ein erstes Signal (ST1)
- erzeugt, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß ein Ladungsträger-Detektor (LD) vorgesehen ist, der beim Auftreten von freien Ladungsträgern in dem Halbleiterkörper ein
  - 2. Temperaturgeschützter Halbleiterschalter nach Patentanspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß der Ladungsträger-Detektor derart ausgebildet ist, daß zwischen dem Ladungsträger-Detektor (LD), dem Halbleiterkörper (2) und mindestens einer Zelle (n) des Halbleiterschaltelementes ein parasitäres Bauelement gebildet wird.
- 25 oder 2,
  d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß das erste und
  das zweite Signal einer Auswertung zugeführt und dort logisch
  miteinander verknüpft werden, zur Anzeige einer eindeutigen
  Übertemperatur im Halbleiterschaltelement.

3. Temperaturgeschützter Halbleiterschalter nach Anspruch 1

4. Temperaturgeschützter Halbleiterschalter nach Anspruch 1 bis 3, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß der Ladungsträger-Detektor benachbart dem Temperatursensor angeordnet ist.

25

5. Temperaturgeschützter Halbleiterschalter nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

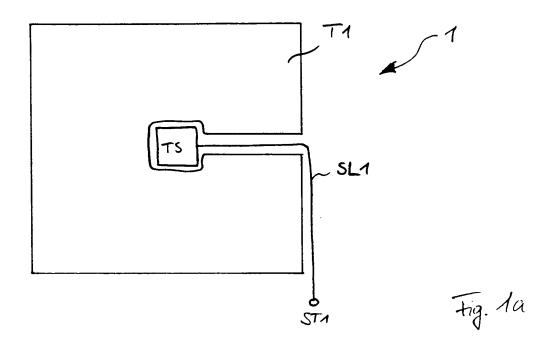
dadurch gekennzeichnet, daß der Temperatursensor in der Nähe der heißesten Stelle des Halbleiterkörpers angebracht ist.

- 6. Temperaturgeschützter Halbleiterschalter nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
- dadurch gekennzeichnet, daß der Ladungsträger-Detektor benachbart einer aus dem Halbleiterschalter herausführenden Signalleitung des Temperatursensors angeordnet ist.
- 7. Temperaturgeschützter Halbleiterschalter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dad urch gekennzeich hnet, daß die Auswertung zusammen mit dem Halbleiterschalter monolithisch integriert ist.
  - 8. Temperaturgeschützter Halbleiterschalter nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
  - dadurch gekennzeichnet, daß als Temperatursensor ein Bipolartransistor oder Thyristor vorgesehen ist.
    - 9. Temperaturgeschützter Halbleiterschalter nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
- dadurch gekennzeichnet, daß der erste 30 Leitfähigkeitstyp n-leitend ist.

#### Zusammenfassung

Es wird ein temperaturgeschützter Halbleiterschalter mit einem Halbleiterschaltelement aus einer Vielzahl an parallel geschalteten Zellen, das eine integrierte Reversdiode aufweist, und mit einem Temperatursensor vorgeschlagen, wobei das Halbleiterschaltelement und der Temperatursensor zusammen in einem Halbleiterkörper vom ersten Leitfähigkeitstyp integriert sind. Der Temperatursensor erzeugt beim Auftreten ei-10 ner Übertemperatur ein erstes Signal. Ferner ist ein Ladungsträger-Detektor vorgesehen, der beim Auftreten von freien Ladungsträgern, bedingt durch die integrierte Reversdiode in dem Halbleiterkörper ein zweites Signal erzeugt. Das erste und zweite Signal werden einer Auswertung zugeführt, welche 15 nur im Fall einer echten Übertemperatur zum Beispiel das Abschalten des Halbleiterschalters übernimmt.

Figur 2



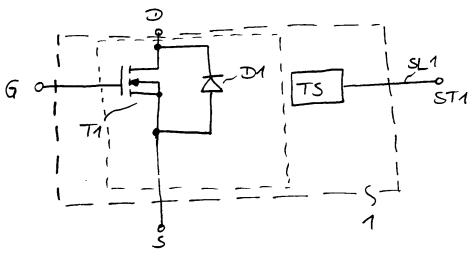
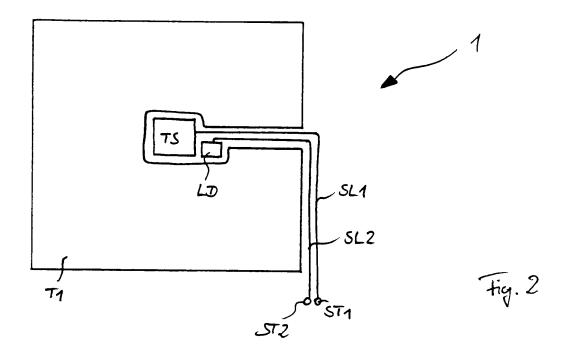


Fig. 16



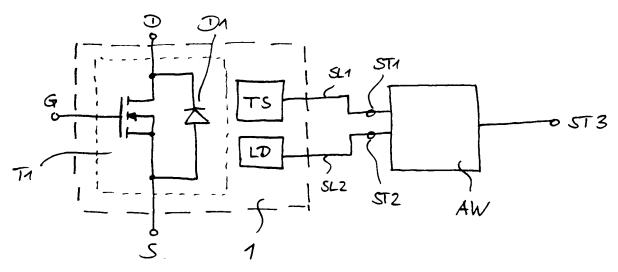
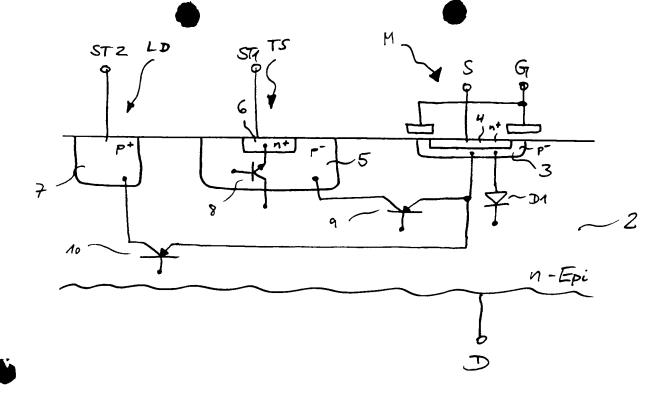


Fig. 3



Tig 4

P

